

ANALÝZA VLASTNÍHO KMITÁNÍ DVANÁCTIPODLAŽNÍHO PANELOVÉHO DOMU
ANALYSIS OF FREE VIBRATIONS OF A TWELVE-STOREY PANEL BUILDING

Abstract

Natural frequencies and normal modes of vibration of a twelve-storey panel building have been computed using a detailed computation model based on finite element method. Influence of additional storey floor masses on natural frequencies and normal modes has been analyzed. Changes of natural frequencies and normal modes due to change of the subsoil stiffness have been determined.

Úvod

V rámci úkolu s cílem prozkoumat mezní možnosti výpočtů dynamického chování technologických konstrukcí a staveb vystavených nestacionárnímu dynamickému zatížení technickou seizmicitou se provedl výběr typických stavebních konstrukcí. Dynamická analýza těchto konstrukcí výpočtem, doplněná experimenty, by mohla přispět k obecnějším závěrům z řešení úkolu. Se zřetelem k dané úrovni vstupních informací se úlohy v prvním přiblížení řeší globálně s deterministickým přístupem, s použitím linearizovaných výpočtových modelů.

Jednou z vybraných konstrukcí je dvanáctipodlažní bytový dům jako reprezentant stavby z velkoplošných panelů. Aplikace konstrukcí tohoto typu byla velmi rozšířená a jejich počet je značný, rovněž v částech území, které jsou oblastmi zájmu řešení úkolu. Technická životnost většiny panelových domů není zdaleka vyčerpána a jsou připravovány rekonstrukce s cílem podstatně prodloužit jejich použitelnost i při současných a budoucích zvýšených nárocích na bydlení. Pro posuzování jejich zbytkové životnosti mají experimenty, založené na dynamice konstrukce nebo její části, značný význam a přes jejich náročnost lze očekávat jejich využití. Přes značný počet těchto konstrukcí je jejich variabilita svým způsobem omezená, což vyhovuje náplni řešení úkolu. To vše - mimo přímého zájmu na této konkrétní stavbě - bylo důvodem pro její výběr jako reprezentativní panelové konstrukce a jako objektu podrobné dlouhodobé dynamické analýzy výpočtem a experimentem.

Poznámka k vlastnímu kmitání konstrukce

Jedním z konkrétních cílů řešení úkolu je získání korektních výpočtových modelů dovolujících predikci odezvy reprezentativního stavebního objektu projektovaného ve sledované oblasti, charakterizované technickou seizmicitou. Jde jak o výpočtový model konstrukce s interagující podzákladovou půdou, tak o výpočtové modely buzení kmitání. Těžiště prací při vytváření modelu konstrukce leží v oblasti výpočtů, experiment slouží k ověření korektnosti modelu, přičemž základním prostředkem dosud je (a ještě nějaký čas zůstane) měření vlastních frekvencí a vlastních tvarů kmitů konstrukce, obecněji měření vlastního kmitání modelovaného objektu. Při vytváření výpočtového modelu seizmického buzení se musí vycházet z experimentů, i když ověření věrohodnosti modelu buzení vyžaduje iterativní postup s využitím výsledků měření a simulačních výpočtů odezvy. Při výpočtech odezvy se nejčastěji používají postupy vyžadující znalost části spektra vlastních frekvencí (a příslušných vlastních tvarů kmitů), ať již pouze ve fázi přípravných výpočtů nebo přímo pro vlastní výpočet (modálním rozvojem). Z uvedeného vyplývá základní význam znalosti vlastního kmitání konstrukce pro řešení dané problematiky v jakékoli fázi.

¹ Ing., CSc., Ústav stavební mechaniky, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně, Veveří 95, Brno, salajka.v@fce.vutbr.cz

² Doc., Ing., CSc., Kancelář dynamických výpočtů, Hoblíkova 13, 613 00 Brno, kanicky.v@fea.cz

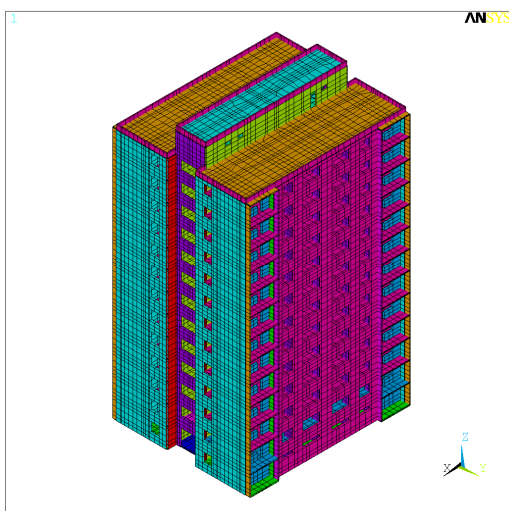
³ Ing., Ph.D., Ústav stavební mechaniky, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně, Veveří 95, Brno, hradil.p@fce.vutbr.cz

Výpočtový model panelového domu

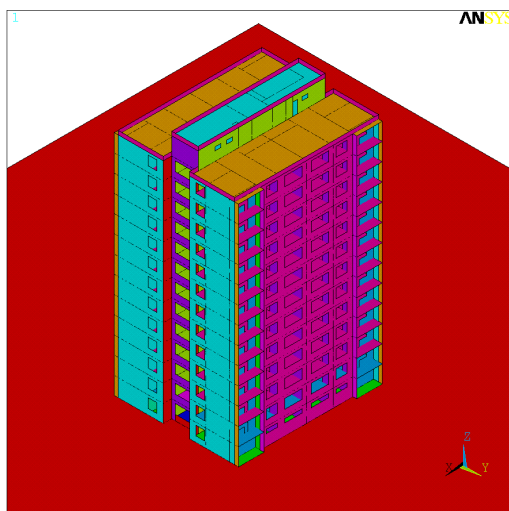
Základní a nejdůležitější úlohou při řešení problému analýzy dynamických vlastností konstrukce je vytvoření korektního výpočtového modelu, tj. modelu nezávadějícího geometrické a fyzikální zjednodušující aproximace v rozsahu širším než je teoreticky přípustné pro získání požadovaných informací o dynamice konstrukce. Model musí dovolit podrobný popis inerciálních, elastických a dissipativních vlastností konstrukce na úrovni soudobých poznatků. Zavedení aproximací musí být podloženo příslušnou citlivostní analýzou. Dalším praktickým hlediskem při vytváření výpočtového modelu je sledování perspektiv využití modelu pro řešení předvídatelných problémů, např. posouzení konstrukčních úprav nebo posouzení variant subkonstrukcí vyžadující korektní okrajové podmínky.

Korektní výpočtový model daného panelového domu byl vytvořen s aplikací metody konečných prvků v prostředí programového systému ANSYS. Geometrie modelu odpovídá i v podrobnostech dosažitelné výkresové dokumentaci objektu, model je velmi jemně strukturován. Modelování respektovalo všechny stěnové otvory, podlažní výřezy, vnitřní členění podlaží, podsklepení a základy. Hodnoty fyzikálních veličin konstrukčních materiálů byly převzaty z věrohodných zdrojů. Oprávněně lze očekávat, že model korektně postihne základní dynamické vlastnosti vlastní konstrukce.

Základová půda u objektu zatím není konkretizována. V dané fázi se poddajnost půdy modeluje klasickým pružným uložením (viz obr. 1) a prostorovými prvky (viz obr. 2), bez uvažování dynamické interakce konstrukce s podzákladem.



Obr.1



Obr. 2

U základního výpočtového modelu konstrukce byla uvažována přídatná (užitná) hmotnost na podlaží 50 kg.m^{-2} a neposuvné uložení konstrukce.

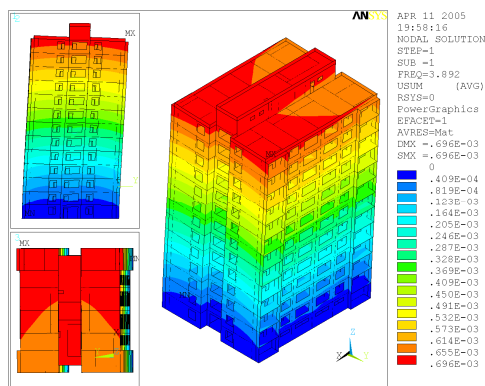
Při modelování panelové konstrukce byly použity deskostěnnové prvky typu SHELL43, model má celkem 235272 stupňů volnosti. Struktura výpočtového modelu je patrná z obr. 1. Na obr. 2 je zobrazen výpočtový model s prostorovými prvky SOLID45 modelujícími základovou půdu.

Výpočet vlastních frekvencí a vlastních tvarů kmitů

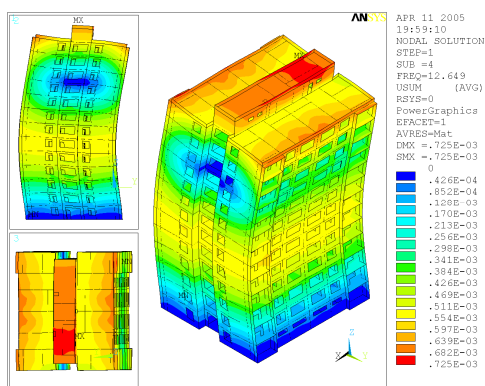
Výpočet vlastních frekvencí a vlastních tvarů kmitů základního výpočtového modelu konstrukce byl proveden Lanczosovou metodou. Vypočítané vlastní frekvence pokrývají požadovaný rozsah frekvencí do 33 Hz. Vypočítaný počet vlastních tvarů kmitů splňuje podmínky korektnosti

následných řešení odezvy - poměrné hodnoty součtových modálních hmotností jsou rovny nejméně 0,85.

Pro vybrané vlastní frekvence jsou pole přemístění výpočtového modelu charakterizující vlastní tvar kmitání zobrazeny na obr. 3 a obr. 4.



Obr.3

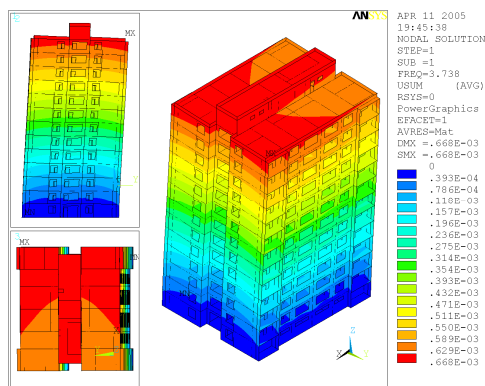


Obr. 4

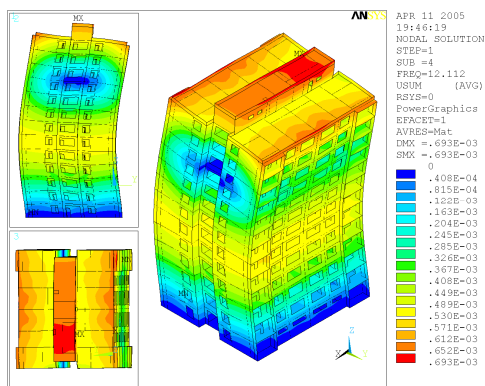
Studie vlivu užitných hmotností na podlažích

Význam studie vyplývá ze skutečnosti, že užité hmotnosti na podlažích ovlivňují odezvu konstrukce. Představují prvek nejistoty ve výpočtu, poněvadž jejich skutečné hodnoty ani v konkrétních případech nelze věrohodně stanovit. Posouzení citlivosti vlastních frekvencí a vlastních tvarů kmitů na změny hodnot užitných hmotností je proto nutné.

Z výsledků studie jsou ukázány vybrané případy. Obr. 5 ilustruje změnu základní vlastní frekvence a základního tvaru kmitu v případě užité hmotnosti 200 kg.m^{-2} . Změna 4-té vlastní frekvence a příslušného tvaru kmitů je patrná z obr. 6.



Obr.5



Obr. 6

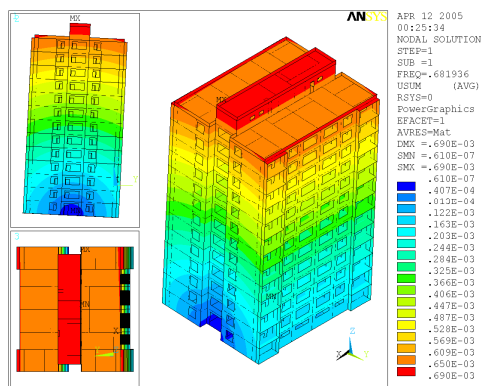
Na základě provedené studie lze konstatovat, že vliv užitných hmotností na podlažích není podstatný.

Studie vlivu tuhosti základové půdy

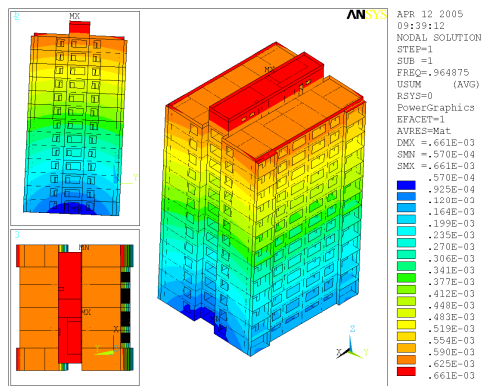
Význam studie vyplývá ze skutečnosti, že tuhost základové půdy ovlivňuje odezvu konstrukce. Představuje významný prvek nejistoty ve výpočtu, poněvadž dosud není k dispozici jednoznačné přiřazení parametrů půdy k tuhostem pro řešení dynamiky konstrukcí. Skutečné hodnoty

tuhostí pro účely dynamiky se i v konkrétních případech stanovují velmi obtížně. Posouzení citlivosti vlastních frekvencí a vlastních tvarů kmitů na změny hodnot tuhosti základové půdy je proto nutné.

Z výsledků studie jsou ukázány vybrané případy. Obr. 7 ilustruje změnu základní vlastní frekvence a základního tvaru kmitu v případě tuhosti uložení $5 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$. Obrázek 8 ilustruje změnu základní vlastní frekvence a základního tvaru kmitu v případě modelování zeminy prostorovými prvky SOLID 45 s modulem pružnosti $58,5 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$.



Obr.7



Obr. 8

Na základě provedené studie lze konstatovat, že vliv tuhosti základové půdy na vlastní frekvence a tvary kmitů je zásadní.

Závěr

Provedené analýzy potvrzují, že studie tohoto typu jsou nutné. Musí být sledovány jak vlivy jednoduchých výpočtových parametrů, tak složitější vlivy, jako jsou rozměry modelu podzákladí.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory grantového projektu GA ČR č. 105/04/1424 „Odezva technologických konstrukcí a budov na zatížení technickou seismicitou“.

Literatura

- [169] Králik, J. (2001): *Dynamická interakcia konštrukcií s podloží*. In Proc. 9th ANSYS Users' Meeting, SVS FEM Brno, Třešť, September.
- [170] ANSYS Release 8.0 Documentation. 2003 SAS IP.